

截污后深圳河落马洲段大型底栖动物群落的恢复过程

蔡立哲^{1*} 林鹏² 历红梅^{1**}

(厦门大学¹环境科学研究中心, ²湿地与生态工程研究中心 福建厦门 361005)

摘要 2000年4月至2002年4月,对截污前后的深圳河落马洲段大型底栖动物进行两周年的季度监测.结果表明,截污前深圳河落马洲段没有发现大型底栖动物;截污后大型底栖动物种数、密度、生物量和种类多样性指数(H')有随时间推移呈增加的趋势;截污后底泥中硫化物、总氮、总磷随时间推移呈下降趋势.由此可见,截污后深圳河落马洲段大型底栖动物从无到有,种数、密度和生物量从少到多,群落结构处于向多样性恢复的过程中.图6表2参11

关键词 大型底栖动物;恢复过程;截污;深圳河

CLC X832 : Q958 894

Restoration Process of Macrofaunal Community at Luomazhou Section of the Shenzhen River after Pollution Interception

CAILizhe^{1*}, LIN Peng² & LI Hongmei^{1**}

(¹ Environmental Science Research Center, ² Research Center of Wetland and Ecological Engineering

Xiamen University Xiamen 361005 Fujian, China)

Abstract To find out the process of ecological restoration, macrofauna was seasonally investigated at Luomazhou section that was kept apart from polluted water in the Shenzhen River from April 2000 to April 2002. The results showed that only three species of oligochaetes and insects were collected in the early days after pollution interception and 12 species of macrofauna (include polychaetes, oligochaetes, gastropods, bivalves and insects) were found within two years. After pollution interception, macrofaunal density, biomass and species diversity index were also found increasing, but sulphide, total nitrogen and total phosphorus decreasing in sediment. Fig. 6, Tab. 2, Ref. 11

Keywords macrofauna; restoration process; pollution interception; Shenzhen River

CLC X832 : Q958 894

深圳河是深圳与香港的界河,北岸为深圳经济特区的罗湖区和福田区,南岸为香港特别行政区的新界地区.深圳河属雨源型河流,平时天然来水量不大,主要为流域内生活污水,为深圳市主要纳污河流,也是深圳市最重要的排洪入海河流.目前全市污水处理数量和深度都十分有限,深圳河中下游河水水质受到了严重污染,各项水质指标大大劣于国家地表水水质(GB3838-2002) V类水质标准,枯水期污染尤为严重^[1].正是因为深圳河流域有大量的没有被截流的污水流入自净能力和稀释能力均较弱的深圳河,从而造成了深圳河严重的污染状况^[2].1995年,深圳市治河办开始对深圳河进行拓宽、取直、挖深,主要目的是增加深圳河的排洪和航运能力.至2000年初,开始将深圳河落马洲河段封闭,即在落马洲河段两端与深圳河连接处建造了水闸,隔断了落马洲河段与深圳河水的交换.这种隔断,相当于截断了污染物进入落马洲河段,使得落马洲河段水质有所改善.为了了解截污后落马洲河段大型底栖动物的恢复动态,受深圳市治河办的委托,作者从2000年4月开始,按季度对落马洲河段大型底栖动物进行了2^a的监测.

1 材料与方法

深圳河落马洲段布设3个大型底栖动物取样点. L₁取样点靠近黄岗口岸, L₂取样点靠近落马洲村, L₃取样点靠近黄岗边检站和福田河与深圳河连接处(图1). L₁和 L₂取样点的沉积物为陈旧的黑泥, L₃取样点沉积物为较硬的黄色粘土,带有细砂和小石块.每个取样点用深度为20 cm直径为10 cm的塑料取样管随机采集10管,管内的沉积物放入塑料桶内,加水

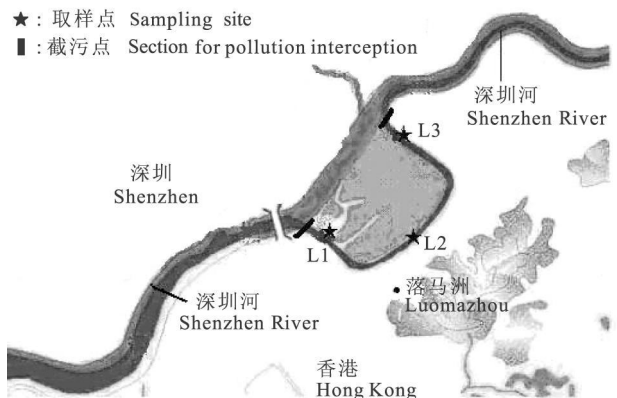


图1 深圳河落马洲段大型底栖动物取样点()示意图
Fig. 1 Sampling sites () of macrofauna at Luomazhou section of the Shenzhen River

收稿日期: 2006-04-18 接受日期: 2006-09-04

*通讯作者 Corresponding author (E-mail: cailizhe@xmu.edu.cn)

**目前工作单位在深圳市环保局 Now working at the Environmental Protection Bureau of Shenzhen, China

搅拌, 悬浮液用孔径 0.5 mm 的套筛过滤, 重复淘洗, 直至悬浮液清澈为止, 检查桶底剩余沉积物中是否有大型底栖动物, 若有, 挑选出来, 若没有, 弃掉泥沙. 将带壳的软体动物以及留在套筛上的大型底栖动物装入塑料瓶内, 贴上标签, 加 5% 福尔马林 (甲醛) 固定, 带回实验室. 在实验室中, 将瓶中的样品倒入孔径 0.5 mm 的套筛, 用自来水将细泥和福马林冲洗掉, 装在培养皿中, 在解剖镜下将底栖动物分类、计数和称重. 称重前, 在滤纸上吸干大型底栖动物体表上的水分, 然后在感量为 0.1 mg 的电子天平上称重. 沉积物硫化物、总氮、总磷测定方法分别采用碘量法、 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HClO}_4$ 全溶-盐酸萘乙二胺分光光度法、 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HClO}_4$ 全溶-磷钼蓝分光光度法.

2 结果

2.1 截污后落马洲河段大型底栖动物种数变化

1999 年 1 月 (截污前) 在深圳河落马洲段没有采到任何大型底栖动物. 2000 年 4 月, 定性获得寡毛类和昆虫类; 2000 年 7 月, 在 3 个取样站采到的大型底栖动物种数仅 2 种寡毛类和 1 种昆虫类; 2000 年 10 月, 开始采到多毛类的尖刺樱虫 (*Potamilla acuminata*) 和腹足类的斜肋齿蜷 (*Semyla rufeti*);

至 2002 年 4 月, 采到的大型底栖动物达 12 种 (图 2), 矮胖圆田螺 (*Cipangopoma lubina aubryana*) 和刻纹蜆 (*Corbicula largillierii*) 等均被采到. 密度和生物量较高的是尖刺樱虫、霍甫水丝蚓 (*Limnodrilus hoffmeisteri*), 斜肋齿蜷等. 定量采样共获得的 12 种大型底栖动物中, 多毛类 1 种, 寡毛类 2 种, 腹足类 6 种, 双壳类 1 种, 昆虫幼虫 2 种 (表 1).

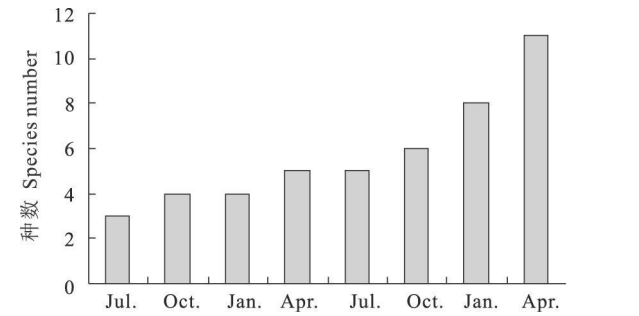


图 2 深圳河落马洲段大型底栖动物的种数变化 (2000 年 7 月 ~ 2002 年 4 月)

Fig. 2 Change in macrofaunal species number at Luomazhou section of the Shenzhen River (July 2000 ~ April 2002)

表 1 深圳河落马洲段大型底栖动物名录
Table 1 List of macrofauna at Luomazhou section of the Shenzhen River

门 Phylum	纲 Class	科 Family	种 Species
环节动物门 Annelida	多毛纲 Polychaeta	缨鳃虫科 Sabellidae	尖刺樱虫 <i>Potamilla acuminata</i>
	寡毛纲 Oligochaeta	颤蚓科 Tubificidae	克拉泊水丝蚓 <i>Limnodrilus claparotianus</i>
			霍甫水丝蚓 <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>
软体动物门 Mollusca	腹足纲 Gastropoda	黑螺科 Melanidae	斜肋齿蜷 <i>Semyla rufeti</i>
			瘤拟黑螺 <i>Melanoides tuberculata</i>
		狭口螺科 Stenothyridae	德氏狭口螺 <i>Stenothyra devajis</i>
		扁蜷螺科 Planorbidae	扁蜷螺 <i>Gyraulus compressus</i>
		拟沼螺科 Assimineidae	拟沼螺 <i>Assiminea sp.</i>
		田螺科 Viviparidae	矮胖圆田螺 <i>Cipangopoma lubina aubryana</i>
		蜆科 Corbiculidae	刻纹蜆 <i>Corbicula largillierii</i>
		蚊科 Culicidae	致倦库蚊 <i>Culex fatigans</i>
		摇蚊科 Chironomidae	隐摇蚊 <i>Cryptochironomus sp.</i>
	双壳纲 Bivalvia		
节肢动物门 Arthropoda	昆虫纲 Insecta		

2.2 截污后落马洲河段大型底栖动物数量变化

2000 年 7 月至 2001 年 4 月, 及 2001 年 7 月至 2002 年 4 月, 3 个取样点的大型底栖动物密度呈增加趋势 (图 3). 从平均值看, 除了 2001 年 10 月外, 后一年的大型底栖动物密度均

高于前一年相同月份 (季度) 和取样点的密度. 各取样点大型底栖动物生物量的变化趋势与密度类似 (表 2).

表 2 深圳河落马洲段各取样点大型底栖动物的生物量 ($\rho/\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) 变化

Table 2 Change in macrofaunal biomass ($\rho/\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) at Luomazhou section of the Shenzhen River

时间 Time	2000. 07	2000. 10	2001. 01	2001. 04
I ₁	2.54	37.45	39.09	71.46
I ₂	4.33	6.87	68.53	98.86
I ₃	2.54	21.40	107.12	179.99
平均 Mean	3.14	21.91	71.58	116.77
时间 Time	2001. 07	2001. 10	2002. 01	2002. 04
I ₁	10.20	2.55	38.48	227.36
I ₂	18.32	3.29	108.37	367.98
I ₃	391.96	187.30	741.97	1239.30
平均 Mean	140.16	64.38	296.27	611.55

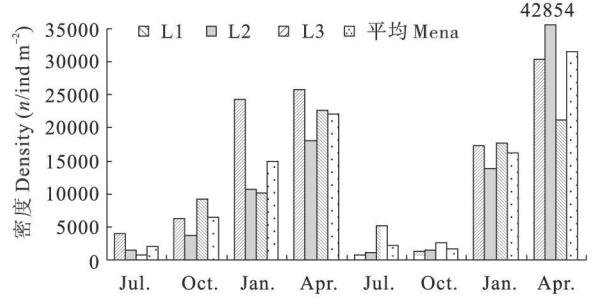


图 3 深圳河落马洲段各取样点大型底栖动物的密度变化 (2000 年 7 月 ~ 2002 年 4 月)

Fig. 3 Change in macrofaunal densities in different sites at Luomazhou section of the Shenzhen River (July 2000 ~ April 2002)

落马洲河段寡毛类动物和昆虫类密度的变化与大型底栖动物密度的变化相似, 即从夏季至春季逐步增加; 多毛类动物密度的时间变化不是很有规律; 腹足类动物密度从 2000 年 7 月至 2002 年 4 月有逐渐增加的趋势 (图 4)。

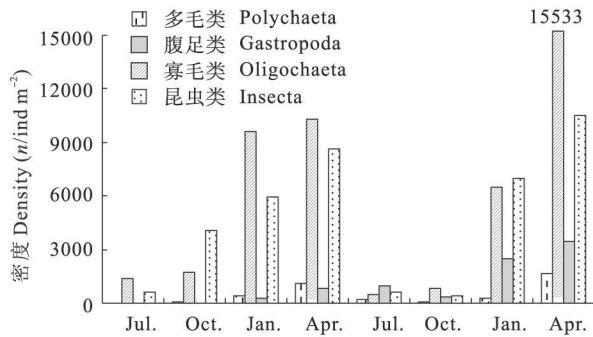


图 4 深圳河落马洲段底栖动物 4 个类群的密度变化 (2000 年 7 月 ~ 2002 年 4 月)

Fig 4 Change in densities of four macrofaunal groups at Luomazhou section of the Shenzhen River (July 2000 ~ April 2002)

2.3 截污后大型底栖动物群落种类多样性指数 (H') 变化

取样第 2 年落马洲河段大型底栖动物种类多样性指数比第 1 年相同月份 (季度) 的种类多样性指数是增加的 (图 5)。

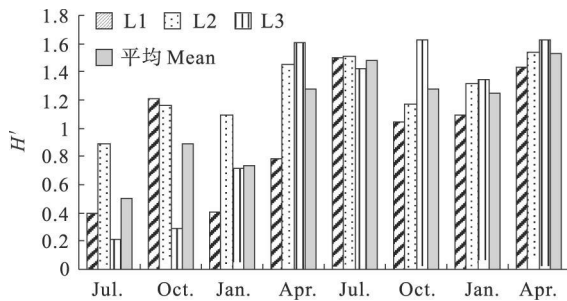


图 5 深圳河落马洲段大型底栖动物的种类多样性指数变化 (2000 年 7 月 ~ 2002 年 4 月)

Fig 5 Change in macrofaunal species diversity index at Luomazhou section of the Shenzhen River (July 2000 ~ April 2002)

2.4 底泥中硫化物、总氮、总磷的时间变化

落马洲河段的 3 个取样站底泥中的硫化物、总氮、总磷在截污后均呈下降趋势, 而且 L1、L2、L3 取样点底泥中的硫化物、总氮、总磷呈从高至低的分布 (图 6)。

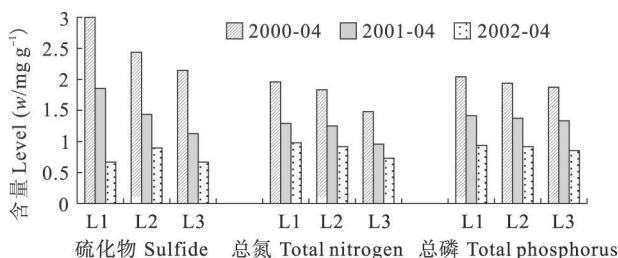


图 6 深圳河落马洲段各取样点硫化物、总氮、总磷的变化

Fig 6 Changes in sulfide, total nitrogen and total phosphorus at Luomazhou section of the Shenzhen River

3 讨论

3.1 截污是落马洲河段大型底栖动物群落恢复的重要条件

由于大量工业、农业、畜性饲养业和生活污水排入, 深圳河水已遭受严重污染^[1, 2]。深圳河河道表层的淤泥基本属污染土^[3]。落马洲河段大型底栖动物监测表明, 1999 年 1 月 (截污前) 在深圳河落马洲段没有采到任何大型底栖动物, 2000 年 4 月定性获得寡毛类和隐摇蚊幼虫, 从 2000 年 7 月至 2002 年 4 月定量获得的大型底栖动物种类数、密度和生物量均随时间推移呈增加趋势; 底泥中硫化物、总氮、总磷随时间推移呈下降趋势。截污使得落马洲河段大型底栖动物从无到有, 从少到多。落马洲河段截污前没有底栖动物, 这是因为深圳河主要是有机污染, 大量有机物的氧化分解作用导致水体缺氧, 厌氧微生物就会急剧繁殖, 因此而释放的挥发性中间产物和细胞代谢产物容易引起河水发黑、发臭^[2]。根据需氧有机体百分率评价系统^[4], 可以发现落马洲河段截污初期出现的寡毛类和隐摇蚊幼虫是低需氧动物类群, 而 2 年后出现了许多中需氧的软体动物。大型底栖无脊椎动物是生态系统食物链的重要环节, 可分为 4 类取食功能团: 撕食者、集食者、牧食者和捕食者, 牧食者取食藻类等内源有机物, 其相对数量的变化反映了河流中自养生物的多寡^[5]。落马洲河段截污初期出现的隐摇蚊属于耐污性比较强的撕食者, 而后来出现的腹足类软体动物耐污性中等的牧食者, 且数量不断增加。

盛世春等^[6]对淮河水系南段椎实螺类生态学研究表明, 工业污染较重的站点椎实螺类的群落结构趋于简化, 而流域底质生境异质性的站点螺类种数呈现多样性。Den Besten 等^[7]对 2 个修复的地方进行监测表明, 线虫、寡毛类和摇蚊幼虫先被观察到, 而双壳类动物比较迟才出现。Mosman 等^[8]对恢复的湿地进行监测表明, 大型底栖动物总密度在 14 mo 后恢复到自然水平, 而种类多样性指数 (H') 则在 19 mo 后恢复到自然水平, 他们的结果与我们的结果是一致的。

3.2 落马洲河段大型底栖动物优势种密度和生物量消长的原因

截污后深圳河落马洲段大型底栖动物从无到有, 密度和生物量从少到多, 群落处于随季节变化的螺旋上升的恢复过程中。但在群落的生态恢复过程中, 并不是所有类群的密度和生物量均是直线上升, 而是有明显的季节变化。落马洲河段尖刺纓虫密度和生物量的季节变化是冬季和春季较高, 秋季最低, 这与深圳河口泥滩尖刺纓虫密度和生物量的季节变化是一致的^[9]。落马洲河段斜肋齿蜷密度和生物量密度和生物量随时间推移而增加, 这是因为斜肋齿蜷有着坚硬的外壳, 不容易被鱼类所摄食。深圳河口泥滩斜肋齿蜷密度和生物量有明显的季节变化^[10], 这可能与环境有关。由于夏季热带风暴多, 雨量也多, 冲稀了深圳河口的污染物浓度, 同时径流和潮汐的作用将斜肋齿蜷带到深圳河口泥滩, 有利于咸淡水种类斜肋齿蜷^[11]生长和栖息, 而冬季只有潮汐的作用, 水动力相对较弱, 盐度相对较高, 不利于斜肋齿蜷生长繁殖。昆虫幼虫春季密度最高与其繁殖季节有关, 夏季密度低, 是因为多数昆虫幼虫已变成成虫飞走, 同时也有被其他动物摄食的可能性。寡毛类春、冬季密度较高, 而秋、夏季密度较低, 可能也被捕食有关。

References

- Li BH (李斌华), Yu XS (喻学山). Environmental problem and countermeasure for water in Shenzhen River Estuary. Water Conservancy & Electricity of China Country (中国农村水利水电). 2002 (12): 51 ~ 52
- Zhang JJ (张健君), He HB (何厚波), Hu JD (胡嘉东), Yang J (杨军). Control strategy of water pollution in the Shenzhen River. Res Environ Sci (环境科学研究). 2005 18 (5): 40 ~ 44
- Huang HY (黄汉禹). Characteristic of polluted soil on riverway in Shenzhen River and disposal step. Acta Sci Nat Univ Sunyatseni (中山大学学报自然科学版). 2001, 40 (Suppl 2): 5 ~ 9
- Liu Y (刘玉), Vermaat JE, de Ruiter JD, de Kruijf HAM. Using macrofauna and ODP system to evaluate organic pollution of the Pearl River. Chin J Appl Environ Biol (应用与环境生物学报). 2003 9 (2): 154 ~ 157
- Hu BJ (胡本进), Yang LF (杨莲芳), Wang BX (王备新), Shan LN (单林娜). Functional feeding groups of macroinvertebrates in 1 ~ 6 order tributaries of the Changjiang River. Chin J Appl Environ Biol (应用与环境生物学报). 2005 11 (4): 463 ~ 466
- Sheng SC (盛世春), Gui HR (桂和荣), Zhang MQ (张明群), Tai Y (邵燕), Ni SG (倪仕钢). Ecological study on snails (Lymnaeidae) in Huainan section of the Huaihe River. Chin J Appl Environ Biol (应用与环境生物学报). 2005 11 (5): 563 ~ 565
- Den Besten PJ, Den Brink PJ. Bioassay responses and effects on benthos after pilot remediations in the delta of the rivers Rhine and Meuse. Environ Poll. 2005 136 (2): 197 ~ 208
- Mosman SM, Levin LA, Currin C, Forde C. Colonization, succession and nutrition of macrobenthic assemblages in a restored wetland at Tijuana Estuary, California. Estuarine, Coastal & Shelf Sci. 2004 60 (4): 755 ~ 770
- Cai LZ (蔡立哲), Lin P (林鹏), Liu JJ (刘俊杰). Quantitative dynamics of three species of large individual polychaete and environmental analysis on mud flat in Shenzhen Estuary. Acta Oceanol Sin. 2000 22 (3): 97 ~ 103
- Cai LZ (蔡立哲), Li FX (李复雪), Zheng B (郑斌). Temporal and spatial distribution of Mollusks mud flat in Shenzhen Estuary. In: Chinese Society of Malacology (中国贝类学会) ed. Transactions of the Chinese Society of Malacology VIII. Beijing (北京): Ocean Press (海洋出版社). 1999 91 ~ 98
- Liu YY (刘月英), Zhang WZ (张文珍), Wang YX (王耀先). Freshwater mollusks of the specific area of the Shenzhen Guangdong Province, China. In: Chinese Society of Malacology (中国贝类学会) ed. Transactions of the Chinese Society of Malacology II. Beijing (北京): Ocean Press (海洋出版社). 1986 42 ~ 44